

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-153433
 (43)Date of publication of application : 09.06.1998

(51)Int.CI. G01C 19/56
 G01P 9/04

(21)Application number : 09-117319 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP
 (22)Date of filing : 07.05.1997 (72)Inventor : KIKUSHIMA MASAYUKI
 KITAMURA FUMITAKA
 NISHIO SHINJI

(30)Priority

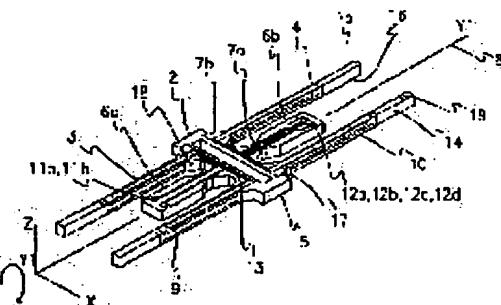
Priority number : 08252092 Priority date : 24.09.1996 Priority country : JP

(54) PIEZOELECTRIC GYRO SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly precise small-sized and inexpensive gyro sensor excellent in electric characteristics by connecting a driving piece to a detecting piece on the same plane, and supporting the driving piece, the detecting piece and the connecting part.

SOLUTION: A piezoelectric quartz chip 2 has a pair of driving pieces 3 and a pair of detecting pieces 4, and the driving pieces 3 are connected to the detecting pieces 4 by a connecting part 5 in the X-Y plane of orthogonal coordinate system. Support parts 6a, 6b are formed on both sides of the connecting part 5 parallel to the driving pieces 3 and the detecting pieces 4. An Y1 axis 8 forms the rotating axis when a piezoelectric sensor 1 is rotated as angle speed sensor. Driving electrodes 9 are formed on the driving pieces 3, and detecting electrodes 10 are formed on the detecting pieces 4. According to such a structure, the stable well-balanced vibration of a driving part and the stress by generation of Coriolis force can be efficiently propagated to a detecting part, and the highly precise and small-sized piezoelectric gyro sensor 1 can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願番号

特開平10-153433

(43) 公開日 平成10年(1998)6月9日

(51) Int.Cl.
G 0 1 C 19/56
G 0 1 P 9/04

識別記号

F I
G 0 1 C 19/56
G 0 1 P 9/04

審査請求 未請求 請求項の数18 OL (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-117319
(22) 出願日 平成9年(1997)5月7日
(31) 優先権主張番号 特願平8-252092
(32) 優先日 平8(1996)9月24日
(33) 優先権主張国 日本 (JP)

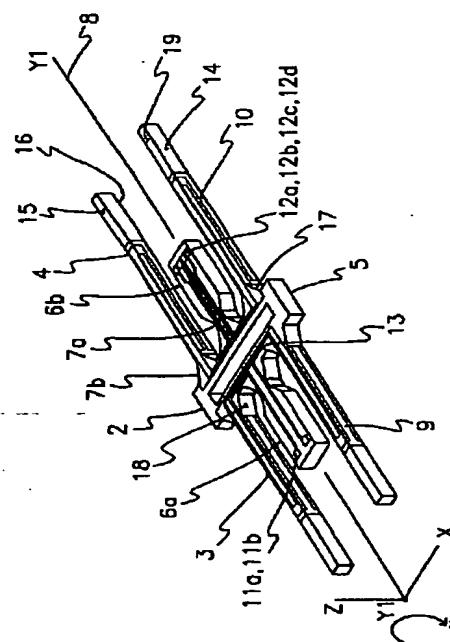
(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(72) 発明者 菊島 正幸
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内
(72) 発明者 北村 文孝
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内
(72) 発明者 西尾 真次
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 圧電ジャイロセンサ

(57) 【要約】

【課題】 圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、駆動側及び検出側相互の電気的特性に優れており、また、従来の製造工程により製造可能な安価で小型の圧電ジャイロセンサを提供する。

【解決手段】 一对の駆動片と一对の検出片を有し、駆動片と検出片を同一平面で結合する結合部とを有し、更に駆動片、検出片及び結合部を支持する支持部を有している圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサ。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記圧電ジャイロセンサは、一对の駆動片と一对の検出片とを有し、一对の前記駆動片と一对の前記検出片とを同一平面で結合する結合部を有し、一对の前記駆動片と一对の前記検出片、及び前記結合部を支持する支持部を有することを特徴とする圧電ジャイロセンサ。

【請求項 2】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記支持部が前記結合部の両側に形成されており、圧電ジャイロセンサ本体を両持ち支持することを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 3】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記支持部の一部がトリミングされていることを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 4】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記圧電ジャイロセンサは、一对の前記駆動片の駆動用電極と、一对の前記検出片の検出用電極とがそれぞれ形成され、更に前記結合部の両側に形成された前記支持部にそれぞれ分離して配線されていることを特徴とする請求項 2 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 5】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記圧電振動子が水晶振動子であることを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 6】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記圧電振動子が Z カットの水晶振動子であることを特徴とする請求項 5 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 7】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記圧電ジャイロセンサは、一对の前記駆動片と一对の前記検出片に共通な Y 1 軸の軸角度が、Z カット水晶振動子の Z 軸を回転軸として、X-Y 平面内で回転されていることを特徴とする請求項 6 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 8】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記圧電ジャイロセンサは、一对の前記駆動片と一对の前記検出片に共通な Y 1 軸の軸角度が、Z カット水晶振動子の Z 軸を回転軸として、X-Y 平面内において $15^\circ \sim 45^\circ$ 回転されていることを特徴とする請求項 7 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 9】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記圧電ジャイロセンサは、一对の前記駆動片と一对の前記検出片に共通な Y 1 軸の軸角度が、Z カット水晶振動子の Z 軸を回転軸として、X-Y 平面内において $30^\circ \pm 5^\circ$ 回転されている

ことを特徴とする請求項 8 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 10】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記圧電ジャイロセンサの表面と裏面の配線パターンをつなぐ立体配線部は、接続部の斜面 (17) に配線されていることを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 11】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記支持部における立体配線部は、前記圧電ジャイロセンサの X-Y 平面内における X 方向の側面に配線されていることを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 12】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、電極形成手段が、第一の電極形成手段及び第二の電極形成手段により構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 13】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、電極形成は、第一の電極形成において、前記圧電ジャイロセンサの側面の電極を形成し、第二の電極形成において、前記圧電ジャイロセンサの表面及び裏面の電極を形成していることを特徴とする請求項 12 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 14】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、第二の電極形成手段は、第一の電極形成手段で形成した電極膜の不要部分をトリミングすることを特徴とする請求項 12 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 15】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、第一の電極形成手段はマスク蒸着、あるいはマスクスパッタにより形成され、第二の電極形成手段はフォトリソにより形成されていることを特徴とする請求項 12 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 16】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、第一の電極形成手段はマスク蒸着、あるいはマスクスパッタにより形成され、第二の電極形成手段はレーザー加工及びフォトリソにより形成されていることを特徴とする請求項 12 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 17】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、前記支持部の一部が薄く形成され段差部を有していることを特徴とする請求項 2 記載の圧電ジャイロセンサ。

【請求項 18】圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、一对の前記駆動片の駆動用電極と、一对の前記検出片の検出用電極から配線されたそれぞれの補助電極パッドが、前記圧電ジャイロセンサが複数連結した水晶基板の支持用梁部に形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の圧電ジャイロセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電部材、特に水晶で形成された音叉型水晶振動子を角速度センサとして用いる圧電ジャイロセンサに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、電子機器等の小型化はめざましいものがあり、これに伴い装置等の回転運動等を検出する角速度センサに属する、圧電ジャイロセンサに対しても小型薄型化、低価格化が強く要求されている。

【0003】即ち、圧電ジャイロセンサは、従来の船舶、航空機、自動車等の航行制御や姿勢制御用等に利用されるばかりでなく、GPS (Global Positioning System) を用いたカーナビゲーションシステムの方向検出センサ、ハンディビデオカメラの手振れ検出センサや、3次元立体マウス用の回転方向検出センサ等にも広く応用されはじめている。

【0004】そこで、従来の圧電ジャイロセンサの一例を、特開平7-55479号公報により以下に説明する。

【0005】特開平7-55479号公報に記載された圧電ジャイロセンサの構造図を図12に示す。

【0006】図12において、一対の駆動片101と一対の検出片102とがそれぞれ回転軸103を対称にして配置されている。そして、一対の駆動片101と一対の検出片102は、結合部104で結合されている。

【0007】また、結合部104は、内部に空間を有しており、その中心部に一対の駆動片101、一対の検出片102、結合部104を支持する支持部105を有している。

【0008】更に、この支持部105が、ハウジング106に接着固定された構造となっている。

【0009】そして、一対の駆動片101には駆動用の電極107が、一対の検出片102には検出用の電極108が、Au等の金属で蒸着形成されている。そして各々の電極107、108から支持部105まで、電極バターンが配線され、支持部105に設けられたパッドから、Auワイヤーボンディング線によりハウジング106のリード(図示せず)に配線され、入出力される構造となっている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】以上に示す従来の圧電ジャイロセンサでは、駆動用の電極と、検出用の電極からの配線が同一の支持部105に集中して形成されているため、配線相互によるクロストーク等が問題となり、駆動あるいは検出信号等にノイズ等の悪影響を及ぼすという欠点を有している。

【0011】また、従来の圧電ジャイロセンサを水晶振動子で形成する場合は、その量産効果等を考えると、フォトリソ加工と呼ばれるウェットエッチングによる加工

方法が一般的である。

【0012】しかし、従来の圧電ジャイロセンサでは、エッティング加工すると水晶の異方性により駆動片及び検出片の断面に突起状のヒレが発生する。そして、断面の両側で発生するヒレのサイズが異なるため、断面形状が非対称になってしまい音叉型形状をした駆動片及び検出片のバランスが悪くなるという欠点も有している。また、同様に水晶の異方性により駆動片及び検出片等の先端部や接続部が対称的にエッティングされず、音叉形状のバランスが悪くなる等の欠点も有している。

【0013】このように、圧電ジャイロセンサの形状の対称性が悪いと、振動のバランスが悪くなり振動片の振幅等が不安定となる。また、不要な方向の振動が発生しやすくなり、漏れ出力等も発生するという欠点を有している。

【0014】更に、圧電ジャイロセンサは、その側面にも電極を形成する必要があり、その形成手段も複数の方向からの加工が必要であり、非常に複雑である。そのため電極形成のプロセスも複雑となり、圧電ジャイロセンサを非常に高価なものとしている。

【0015】本発明の目的は、以上の従来技術の課題を解決するためになされたものであり、その目的とすることとは、高精度で電気的特性に優れ、また外形形状の対称性に優れた小型の圧電ジャイロセンサを安価に提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、圧電ジャイロセンサは、一対の駆動片と一対の検出片とを有し、一対の駆動片と一対の検出片とを同一平面で結合する結合部を有し、一対の駆動片と一対の検出片、及び結合部を支持する支持部を有することを特徴とする。

【0017】請求項2記載の発明は、請求項1において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、支持部が結合部の両側に形成されており、圧電ジャイロセンサ本体を両持ち支持することを特徴とする。

【0018】請求項3記載の発明は、請求項1において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、支持部の一部がトリミングされていることを特徴とする。

【0019】請求項4記載の発明は、請求項2において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、圧電ジャイロセンサは、一対の駆動片の駆動用電極と、一対の検出片の検出用電極とがそれぞれ形成され、更に結合部の両側に形成された支持部にそれぞれ分離して配線されていることを特徴とする。請求項5記載の発明は、請求項1において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにお

いて、圧電振動子が水晶振動子であることを特徴とする。

【0020】請求項6記載の発明は、請求項5において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、圧電振動子がZカットの水晶振動子であることを特徴とする。

【0021】請求項7記載の発明は、請求項6において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、圧電ジャイロセンサは、一対の駆動片と一対の検出片に共通なY1軸の軸角度が、Zカット水晶振動子のZ軸を回転軸として、X-Y平面内で回転されていることを特徴とする。

【0022】請求項8記載の発明は、請求項7において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、圧電ジャイロセンサは、一対の駆動片と一対の検出片に共通なY1軸の軸角度が、Zカット水晶振動子のZ軸を回転軸として、X-Y平面内において $15^\circ \sim 45^\circ$ 回転されていることを特徴とする。請求項9記載の発明は、請求項8において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、圧電ジャイロセンサは、一対の駆動片と一対の検出片に共通なY1軸の軸角度が、Zカット水晶振動子のZ軸を回転軸として、X-Y平面内において $30^\circ \pm 5^\circ$ 回転されていることを特徴とする。

【0023】請求項10記載の発明は、請求項1において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、圧電ジャイロセンサの表面と裏面の配線パターンをつなぐ立体配線部は、接続部の斜面17に配線されていることを特徴とする。

【0024】請求項11記載の発明は、請求項1において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、支持部における立体配線部は、圧電ジャイロセンサのX-Y平面内におけるX方向の側面に配線されていることを特徴とする。

【0025】請求項12記載の発明は、請求項1において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、電極形成手段が、第一の電極形成手段及び第二の電極形成手段により構成されていることを特徴とする。

【0026】請求項13記載の発明は、請求項12において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、電極形成は、第一の電極形成において、圧電ジャイロセンサの側面の電極を形成し、第二の電極形成において、圧電ジャイロセンサの表面及び裏面の電極を形成していることを特徴とする。

【0027】請求項14記載の発明は、請求項12において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、第二の電極形成手段は、第一の電極形成手段で形成した電極膜の不要部分をトリミングすることを特徴とする。

【0028】請求項15記載の発明は、請求項12において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、第一の電極形成手段はマスク蒸着、あるいはマスクスパッタにより形成され、第二の電極形成手段はフォトリソにより形成されていることを特徴とする。

【0029】請求項16記載の発明は、請求項12において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、第一の電極形成手段はマスク蒸着、あるいはマスクスパッタにより形成され、第二の電極形成手段はレーザー加工及びフォトリソにより形成されていることを特徴とする。

【0030】請求項17記載の発明は、請求項2において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、支持部の一部が薄く形成され段差部を有していることを特徴とする。

【0031】請求項18記載の発明は、請求項2において、圧電振動子を角速度センサとして使用する圧電ジャイロセンサにおいて、一対の駆動片の駆動用電極と、一対の検出片の検出用電極から配線されたそれぞれの補助電極パッドが、圧電ジャイロセンサが複数連結した水晶基板の支持用梁部に形成されていることを特徴とする。

【0032】

【発明の実施の形態】本発明の圧電ジャイロセンサの実施の一形態を、圧電振動子に水晶振動子を用いた圧電ジャイロセンサを例として、図面に基づいて説明する。

【0033】図1、2、3、4、5、6、13、14及び図15は、請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17及び18記載の発明に係わる圧電ジャイロセンサの構造図及び水晶基板の構造図等である。

【0034】図1及び図2に示す圧電ジャイロセンサ1の構造図において、圧電水晶チップ2は、一対の駆動片3と一対の検出片4とを有し、一対の駆動片3と一対の検出片4は結合部5により、直交座標系のX-Y平面において結合されている。

【0035】また、駆動片3及び検出片4に平行に結合部5から、その両側に支持部6a、6bが形成されている。そして、支持部6a、6bと結合部5との接続部7aは、トリミングにより細くくびれて加工されている。

【0036】そして、駆動片3、検出片4、結合部5及び支持部6a、6bは、その共通のY1軸8に対して左右対称となっている。そして、このY1軸8が圧電ジャイロセンサ1を、角速度センサとして回転させるときの回転軸となっている。

【0037】また、駆動片3には駆動用の電極9が形成され、又、検出片4には検出用の電極10が形成されている。また、支持部6a、6bには、図2に示すケース21の内部端子22に電気的に接続するための、駆動用の電極パッド11a、11b、及び検出用の電極パッド

12a、12b、12c、12dが、それぞれ形成されおり、この電極パッド11a、11b、12a、12b、12c、12dと、駆動用の電極9及び検出用の電極10とをそれぞれ接続する金属配線13が、結合部5及び支持部6a、6bに形成されている。即ち、駆動用の電極9と検出用の電極10を、結合部5の開口部を境にして完全に分離して配置するように、各電極が形成され、また金属配線13が配線されている。

【0038】ここで、図13に示すように支持部6a、6bに、その厚みが他の部分より薄くハーフエッチング加工されている段差部33を設けることにより、圧電ジャイロセンサの薄型化をより推進できる。

【0039】本実施例の場合その段差部33は、圧電水晶チップ2の厚みの約1/2の厚みに加工されている。

【0040】このように電極パッド11a、11b、12a、12b、12c、12dが、段差部33に形成されているため、Au線24のワイヤーラープを圧電水晶チップ2の表面15より低く配線できる。

【0041】そして、図2に示すように圧電水晶チップ2を、セラミックス等のケース21にマウントし、金属製等のキャップ23で封止しパッケージングしている。

【0042】ここで、上記で形成された圧電ジャイロセンサの動作原理について説明する。

【0043】圧電材料である水晶で形成された圧電ジャイロセンサの駆動片に電圧が印可され、駆動片は図1のX方向にその共振周波数、約9000Hzで屈曲振動をしている。この状態で、圧電ジャイロセンサが図1のY軸8周りに回転すると、その回転角速度ωに対して、駆動片の振動方向と直角方向にコリオリの力Fが働き、このコリオリの力Fにより駆動片はZ軸方向に応力を受けZ方向に振動する（この振動は、一般的にはwak振動と呼ばれる）。この振動が、結合部を介して検出片に伝播し、検出片はその共振周波数、約9300Hzで振動する。

【0044】このように駆動側の共振周波数と検出側の共振周波数の差を適度に設定する（後述する周波数調整等により設定する）ことにより、圧電ジャイロセンサは高感度で安定した動作を行うことができる。本実施例では、約300Hzの値で共振周波数を分離している。このコリオリの力Fを、検出片に形成した検出用の電極で、感度良く検出し図14に示すワンチップIC化された回路ブロックにより、電気的な処理をすることにより、圧電ジャイロセンサの回転角速度及びその回転の方向等を精度良く求めることができる。

【0045】ここで、駆動片の質量をm、駆動片の速度をVとし、回転角速度をωとすると、駆動片に発生するコリオリの力Fは、

【0046】

【数1】

$$F = -2m \cdot (\omega \cdot V)$$

【0047】の式で与えられる。

【0048】次に、本発明の水晶で形成された圧電ジャイロセンサの製造方法について、詳細に説明する。

【0049】図3に、一般的な水晶結晶の結晶外観図を示す。図3に示すように水晶の結晶体31には、電気軸と呼ばれるX軸、機械軸と呼ばれるY軸及び光学軸と呼ばれるZ軸がある。

【0050】そして、この結晶体31から、圧電水晶チップ2を形成する水晶基板（水晶ウェハー）32を切り出す。

【0051】本発明で用いているZカットの水晶基板32を、図4及び図5に示す。この水晶基板32は、直交座標系のX-Y平面において、Z軸周りに約15°～45°で、好ましくは約30°回転した水晶基板32を用いている。尚、図5に示すように、Z軸周りの回転方向は時計周り、反時計周りのどちらでもよい。

【0052】このようにして、形成された水晶基板32に、Au等の金属膜をスパッタリング装置等で蒸着する。そして、この金属膜を蒸着した水晶基板32に両面アライナー等の露光機により、圧電水晶チップ2の外形形状を焼き付ける。そして、ふつ酸等のエッティング液に浸けることにより、図1の圧電水晶チップ2の外形形状が形成される。

【0053】次に、外形エッティングで形成された圧電水晶チップ2に、駆動用の電極9及び検出用の電極10等の電極を、Au等の金属膜を蒸着することにより形成する。

【0054】第一の電極形成工程では、水晶基板32に金属製のメタルマスクを位置決め取り付け、真空蒸着機にセットする。そして、メタルマスクの開口部からCr+Au等（例えば、Cr膜の上にAu膜を蒸着する。）の金属粒子を角度をつけて蒸着させ、図1に示すように圧電水晶チップ2の各側面部14、表面15及び裏面16に金属膜を形成する。この第一の電極形成工程で、駆動片3、検出片4、結合部5及び支持部6a、6bの各側面部14、及び接続部7bの斜面17等に必要なパターンが形成される。そして同時に表面15及び裏面16のほぼ全面に、Cr+Au等の金属膜が形成される。

【0055】ここで、メタルマスクを取り付け斜めに蒸着するため、特に圧電水晶チップ2の立体配線部18は、側面部14及び斜面17等を用いて配線する。このように配線することにより、パターンの断線防止や、パターン密着強度等を向上することができる。ここで、マスク蒸着加工の代わりに、マスクスパッタ加工（メタルマスクを水晶基板にセットし、スパッタリング加工すること。）を用いてもよい。

【0056】次に、第二の電極形成工程では、第一の電極形成工程で形成された水晶基板32にレジスト剤をコーティングし、フォトマスクを用いて表面15及び裏面

16に必要なパターンが形成されるように、露光機により焼き付ける。

【0057】そして、Cr+Au等の金属膜のエッチングを行い、不要な金属膜をトリミングする。

【0058】また、第一の電極形成工程において、マスク蒸着あるいはマスクスパッタで圧電水晶チップ2の各側面部14をある程度ラフに加工しておき、第二の電極形成工程において、レーザー加工を用いて側面部14の電極形状のトリミングや分割加工を、精度良く微細加工することも可能である。これは、特に圧電水晶チップ2を小型化する場合には有効な加工方法である。

【0059】以上により、圧電水晶チップ2に、駆動用の電極9、検出用の電極10及び金属配線13を形成することができる。

【0060】そして、図6に駆動側及び検出側の電極の構成を示す。ここで、検出側は、4系統の電極に分割して構成してある。

【0061】このように、マスク蒸着あるいはマスクスパッタ工程と、フォトリソ工程あるいはレーザー加工工程を組み合わせることにより、複雑な電極の形成が効率よく生産できる。

【0062】更に、図15に示すように水晶基板32に圧電水晶チップ2が複数形成された状態で、水晶基板32の支持用梁部41に形成された駆動用の補助電極パッド42a、42b、及び検出用の補助電極パッド43a、43b、43c、43dにそれぞれプローピングして、圧電水晶チップ2に信号を入力し、駆動片3及び検出片4の共振周波数等をインピーダンスマーター等で測定する。そして、共振周波数の組合せに対するズレあるいは振動系のバランスを、駆動片3あるいは検出片4の先端部19a、19b等に重り付け等を施し、これにより周波数調整あるいは振動のバランス（振幅等）や位相を調整する。

【0063】このように周波数調整された複数の圧電水晶チップ2を、水晶基板32から連続して折り取り、図2に示すケース21に接着剤等でマウントする。

【0064】更に、圧電水晶チップ2に形成された電極パッド11a、11b、12a、12b、12c、12dから、ケース21の内部端子22にAu線24等でワイヤーボンディングして、電気的に接続する。

【0065】ここで、ケース21は、セラミックス等で形成されており、支持部6を用いて圧電水晶チップ2をマウントする凸状の座が2箇所設けられている。更に、この座の周囲には、圧電水晶チップ2全体を覆う範囲でアース用の電極パターンが形成されている。

【0066】そして、最後にケース21に金属製等のキャップ23を用い、シーム溶接等で封止する。以上により、小型・薄型の圧電ジャイロセンサ1が得られる。

【0067】また、図7は、Zカットの水晶基板のX-Y平面内のエッチングレートを示す極座標図である。図

7は、円の中心がエッチングレートが0であり、外側にいくほどエッチングレートが速くなるように示してある。このように、Zカットの水晶は、そのエッチング加工性に異方性を有することがわかる。

【0068】特に、+X方向、X軸に対して+120°方向、及び-120°方向の面内エッチングスピードが早く、逆に-X方向、X軸に対して+30°方向及び-30°方向の面内エッチングスピードが遅くなる。

【0069】これに対してZ方向のエッチングスピードは、-X方向、X軸に対して+30°方向及び-30°方向が早くなり、+X方向、X軸に対して+120°方向、及び-120°方向が遅くなる。

【0070】このZ方向のエッチング加工特性が、駆動片及び検出片の側面部に突起状のヒレを発生する要因となっている。即ち、-X方向、X軸に対して+30°方向及び-30°方向のヒレは小さく、+X方向、X軸に対して+120°方向、及び-120°方向のヒレは、大きくなる。

【0071】従って、ヒレを最小限に加工するため、本発明では、直交座標系のX-Y平面において、Z軸周りに約15°～45°で、好ましくは約30°回転した水晶基板32を用いている。

【0072】図8は、Zカットの水晶基板をZ軸に対してまったく回転させない時の駆動片の+X方向のヒレの測定図である。この時のヒレの高さは、水晶基板の厚み400μmに対して、約15～20μm程度である。また、図9は、Z軸に対して約30°回転させた時の同一箇所のヒレ測定図である。この時のヒレ高さは、約8～10μm程度と低くなっている。この図から、約3割～5割程度のヒレの減少が確認できる。

【0073】更に、エッチング加工性に異方性があることから、接続部7a、7bの形状や、駆動片3、検出片4及び結合部5等の先端部あるいはコーナーの形状が、図10のように非対称となってしまう。この形状を対称良く形成するために、最適なマスクにより形状を焼き付け、フォトリソ加工している。

【0074】更に、図11に構造解析ソフトウェアによる振動モード解析結果を示す。図11(a)は、駆動側の共振モードであり、駆動片が屈曲振動をしている。図11(b)は、検出側の共振モードであり、検出片及び駆動片がwall振動している。

【0075】最後に図14に本発明の圧電ジャイロセンサの回路ブロック図を示す。移相器51、可変利得増幅器52、電流-電圧変換回路53とからなる駆動用の自励発振回路54と、AGC回路55、検出用の増幅器56、帯域通過フィルタ57、同期検波回路58、及び低域通過フィルタ59から構成されている。この回路ブロックがワンチップICとして構成されている。

【0076】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、圧電ジャ

イロセンサが、一对の駆動片と一对の検出片とを有し、一对の駆動片と一对の検出片とを同一平面内で結合する結合部を有し、一对の駆動片と一对の検出片及び結合部を支持する支持部を有することにより、安定したバランスの良い駆動部の振動、及びコリオリ力の発生による応力を効率良く検出部に伝播することが可能となり、高精度で小型の圧電ジャイロセンサを提供できるという効果を有する。

【0077】請求項2記載の発明によれば、支持部が結合部の両側に形成されており、圧電振動子を両持ち支持することにより、駆動片及び検出片が、支持部をマウントした時のマウント応力の影響を受けない構造となっているという効果を有する。また、両持ち支持することにより、安定した系で圧電ジャイロセンサを制御することが可能になるという効果を有する。更に、落下特性の向上や、外部からの応力に対して強固な構造が得られるという効果を有する。

【0078】請求項3記載の発明によれば、支持部の一部がトリミングされていることにより、駆動片及び検出片が、支持部をマウントした時のマウント応力の影響を受けない構造となっているという効果を有する。

【0079】請求項4記載の発明によれば、圧電ジャイロセンサに、一对の駆動片の駆動用電極と、一对の検出片の検出用電極とをそれぞれ形成し、更に結合部の両側に形成された支持部にそれぞれ分離して配線することにより、電極配線相互によるクロストーク等が発生しないという効果を有する。また、それぞれ分離して配線されているため、電気的な信号処理等を簡単に制御することが可能である。

【0080】請求項5記載の発明によれば、圧電振動子が水晶振動子であることにより、水晶振動子は、周波数温度特性等がその他の圧電材料より優れており、出力信号等の温度ドリフトを抑えることができる。また、フォトリソ加工等の量産加工が可能であり、小型で安価の圧電ジャイロセンサを提供できるという効果を有する。

【0081】請求項6記載の発明によれば、圧電振動子がZカットの水晶振動子であることにより、フォトリソ加工におけるエッチングの加工性が良く、短時間で精度の良い形状加工が可能であるという効果を有する。

【0082】請求項7、8及び9記載の発明によれば、一对の駆動片と一对の検出片に共通なY1軸の軸角度を、Zカット水晶振動子のZ軸を回転軸として、X-Y平面内において $15^\circ \sim 45^\circ$ 回転、好ましくは $30^\circ \pm 5^\circ$ 回転させることにより、駆動片及び検出片の断面に形成されるヒレを最小限に小さく抑えることが可能になるという効果を有する。

【0083】請求項10記載の発明によれば、圧電ジャイロセンサの表面と裏面の配線をつなぐ立体配線部を、接続部の斜面17を用いて配線することにより、パターンの断線防止や、パターン剥離防止のためのパターン密着強度等を向上することができるという効果を有する。

着强度等を向上することができるという効果を有する。

【0084】請求項11記載の発明によれば、支持部における立体配線部を、圧電ジャイロセンサのX-Y平面内における、X方向の侧面に配線することにより、パターンの断線防止や、パターン剥離防止のためのパターン密着強度等を向上することができるという効果を有する。

【0085】請求項12、13、14、15及び16記載の発明によれば、電極形成手段が第一の電極形成手段と、第二の電極形成手段とにより構成されることにより、複雑な電極の形成を効率よく生産できるという効果を有する。

【0086】また、時計用等の低周波の音叉型振動子を生産するフォトリソ工程とのプロセスの共通化が可能であり、共通のプロセスにより加工することで、小型で安価な圧電ジャイロセンサを提供できるという効果を有する。

【0087】請求項17記載の発明によれば、支持部の一部が薄く形成されていることにより、Au線のワイヤーループを圧電水晶チップの表面より低く配線でき、これにより、パッケージを薄型にでき小型薄型の圧電ジャイロセンサを提供できるという効果を有する。

【0088】請求項18記載の発明によれば、補助電極パッドを水晶基板の支持用梁部に形成することにより、水晶基板で複数同時の圧電水晶チップの特性検査が可能となり周波数調整等も可能となるという効果を有する。また、水晶基板の支持用梁部にてプローピングを行うので、圧電水晶チップに応力が加わらず、安定した精度の良い検査が行えるという効果も有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電ジャイロセンサの一実施例を示す構造図。

【図2】本発明の圧電ジャイロセンサの一実施例を示す構造図。

【図3】水晶の結晶構造を示す構造図。

【図4】本発明の圧電ジャイロセンサ用の水晶基板の切り出し角度を示す構造図。

【図5】本発明の圧電ジャイロセンサ用の水晶基板の切り出し角度を示す構造図。

【図6】本発明の圧電ジャイロセンサの電極配線図。

【図7】Zカット水晶基板のエッチング特性図。

【図8】従来の圧電ジャイロセンサのヒレ形状の測定図。

【図9】本発明の圧電ジャイロセンサのヒレ形状の測定図。

【図10】従来の圧電ジャイロセンサの接続部の構造図。

【図11】本発明の圧電ジャイロセンサの振動解析図。

(a)は、駆動側の共振モード図。(b)は、検出側の共振モード図。

【図12】従来の圧電ジャイロセンサの構造図。

【図13】本発明の圧電ジャイロセンサの一実施例を示す構造図。

【図14】本発明の圧電ジャイロセンサの回路ブロック図。

【図15】本発明の圧電ジャイロセンサの補助電極パッドを示す構造図。

【符号の説明】

1 圧電ジャイロセンサ

2 圧電水晶チップ

3 駆動片

4 検出片

5 結合部

6a、6b 支持部

7a、7b 接続部

8 Y1軸

9、10 電極

11a、11b、12a、12b、12c、12d 電極パッド

13 金属配線

14 側面部

15 表面

16 裏面

17 斜面

18 立体配線部

19a、19b 先端部

21 ケース

22 内部端子

23 キャップ

24 Au線

31 結晶体

32 水晶基板

33 段差部

41 支持用梁部

42a、42b 駆動用の補助電極パッド

43a、43b、43c、43d 検出用の補助電極パッド

51 移相器

52 可変利得増幅器

53 電流-電圧変換回路

54 自励発振回路

55 AGC回路

56 増幅器

57 带域通過フィルタ

58 同期検波回路

59 低域通過フィルタ

101 駆動片

102 検出片

103 回転軸

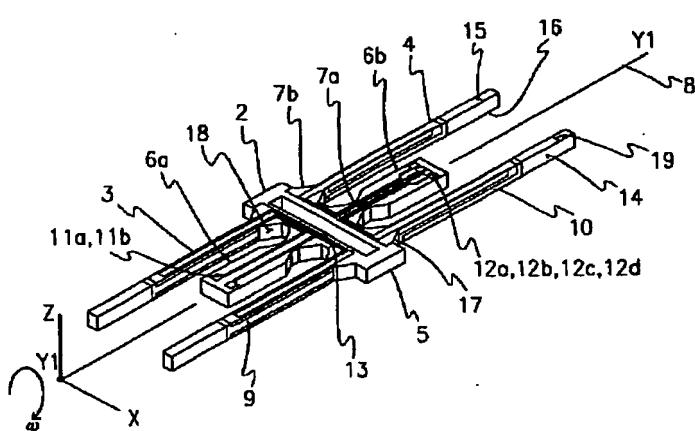
104 結合部

105 支持部

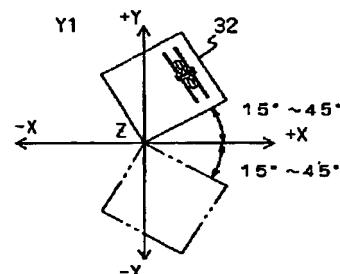
106 ハウジング

107、108 電極

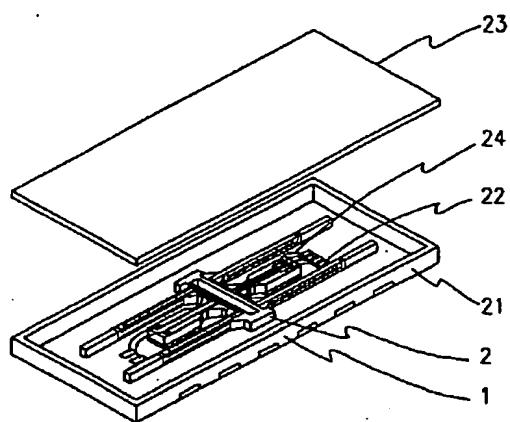
【図1】



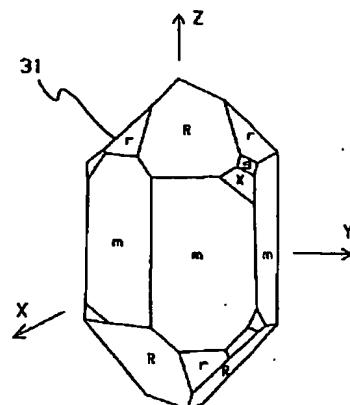
【図5】



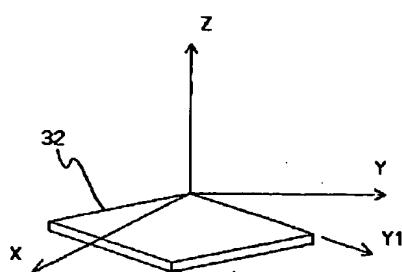
【図2】



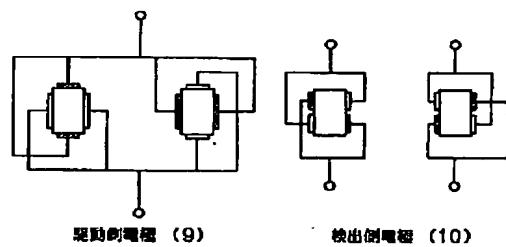
【図3】



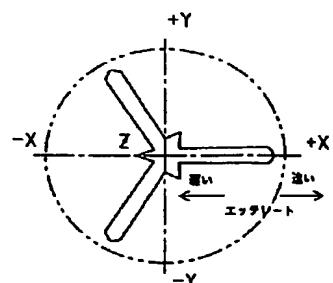
【図4】



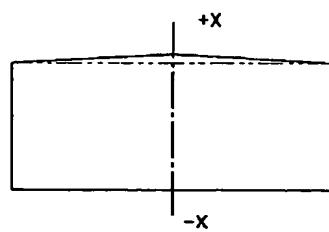
【図6】



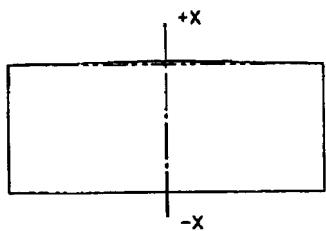
【図7】



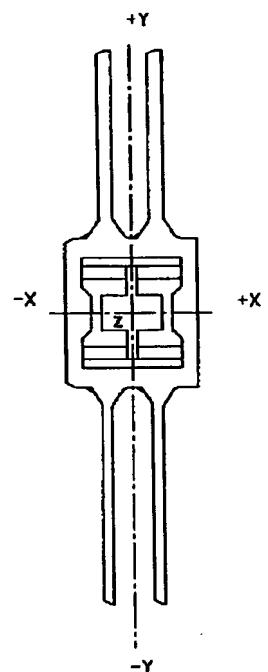
【図8】



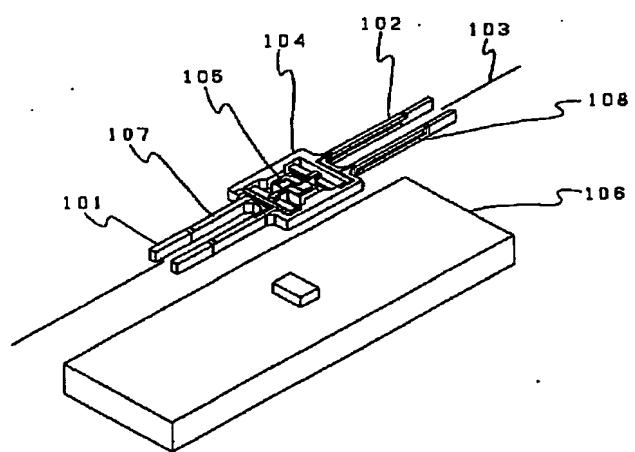
【図9】



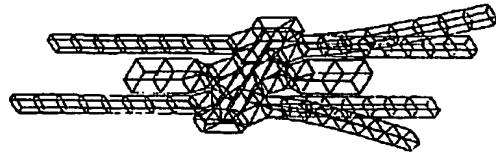
【図10】



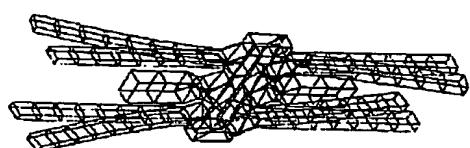
【図12】



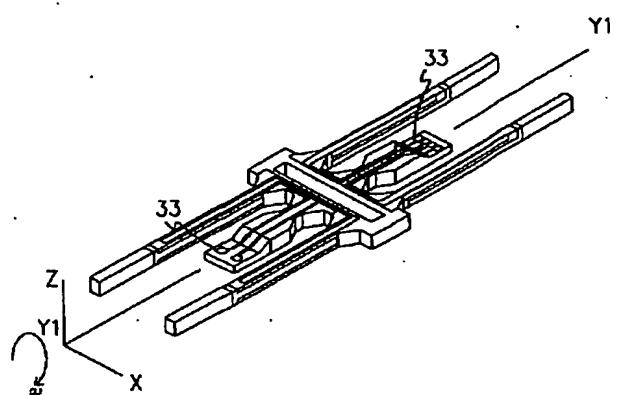
【図11】



(a)

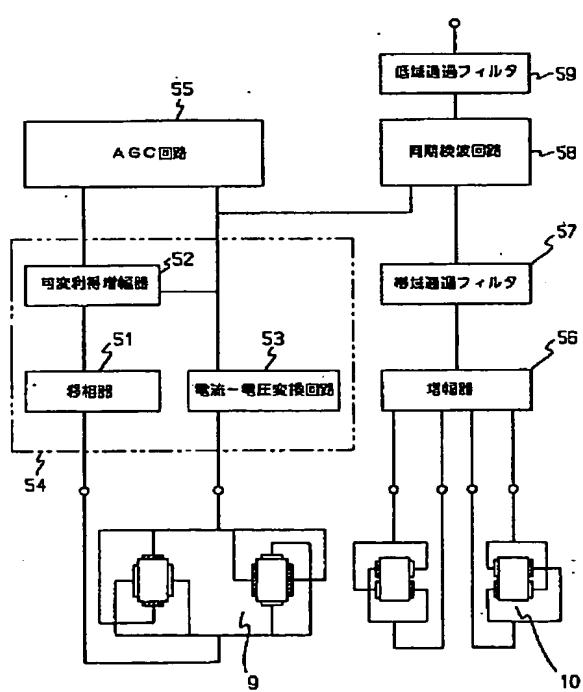


【図13】



(b)

【図14】



【図15】

